

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

JST-97-PCT  
reference ⑤

(11)Publication number : 2002-090432

(43)Date of publication of application : 27.03.2002

(51)Int.Cl.

G01R 33/02  
H03K 17/95

(21)Application number : 2000-275945

(71)Applicant : AICHI STEEL WORKS LTD  
MORI KANEO  
JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY  
CORP

(22)Date of filing : 12.09.2000

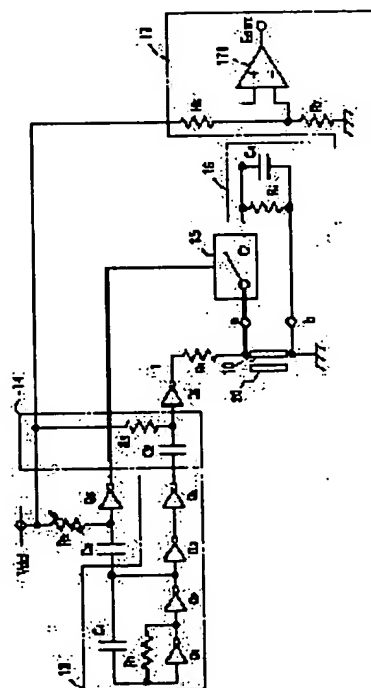
(72)Inventor : MORI KANEO  
MOTOKURA YOSHINOBU  
YAMAMOTO MICHIHARU  
WASHIMI KAZUMASA

## (54) MAGNETIC FIELD DETECTING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a highly sensitive magnetic field detecting device of which the sensitivity is easily controlled.

**SOLUTION:** The magnetic field detecting device uses magnetic impedance effects in which impedance varies with magnetic impedance characteristics in which impedance reduces as the size of an external magnetic field, which is a component in the direction of a detection axis, increases. A pulse current is supplied for a magnetic sensing element 10 of which the impedance varies according to an external magnetic field via an oscillating circuit 13 and a differentiating circuit 14. A voltage proportional to the impedance between the terminals of the magnetic sensing circuit is detected by a switch 15 which is turned on in synchronism with the pulse current and a signal processing circuit 16 for holding a peak. The output of the signal processing circuit 16 is compared with a predetermined level by a comparator 17.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-90432

(P2002-90432A)

(43) 公開日 平成14年3月27日 (2002.3.27)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テマコード (参考)

G 0 1 R 33/02

G 0 1 R 33/02

D 2 G 0 1 7

H 0 3 K 17/95

H 0 3 K 17/95

G 5 J 0 5 0

審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-275945(P2000-275945)

(22) 出願日 平成12年9月12日 (2000.9.12)

(71) 出願人 000116655

愛知製鋼株式会社

愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地

(71) 出願人 000244383

毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区島田黒石1213番地

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 毛利 佳年雄

愛知県名古屋市天白区島田黒石1213番地

(74) 代理人 100087723

弁理士 藤谷 修

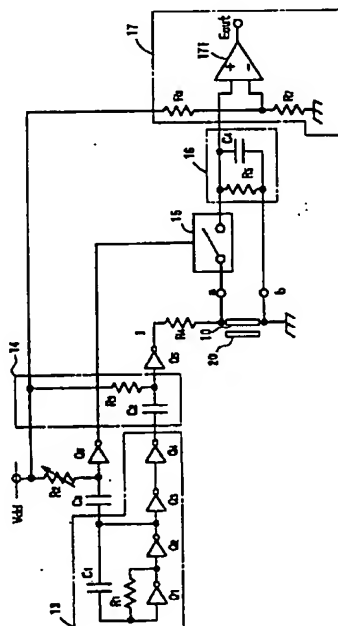
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁場検出装置

(57) 【要約】

【課題】 感度が高く且つ感度調整の容易な磁場検出装置を得ること。

【解決手段】 検出軸方向の成分である外部磁場の大きさが増加するに連れて、インピーダンスが減少する磁気インピーダンス特性でインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を用いている。外部磁場に応じてインピーダンスの変化する感磁素子10に発振回路13及び微分回路14を介してパルス電流が供給されている。感磁素子の端子間のインピーダンスに比例した電圧が、パルス電流に同期してオンするスイッチ15、ピークを保持する信号処理回路16により検出される。信号処理回路16の出力は、コンパレータ17により所定レベルと比較される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】検出軸方向の成分である外部磁場の大きさが増加するに連れて、インピーダンスが減少する磁気インピーダンス特性でインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を用いた磁場検出装置において、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁され、前記外部磁場に応じてインピーダンスの変化する感磁素子と、

前記感磁素子に前記パルス電流又は前記交流電流を供給する発振手段と、

前記感磁素子の端子間のインピーダンスに関連する物理量を検出する検出手段と、

前記検出手段の出力信号を所定レベルと比較し、比較結果を2値信号として出力する比較手段とを有することを特徴とする磁場検出装置。

【請求項2】検出軸方向の成分である外部磁場の大きさが増加するに連れて、インピーダンスが減少する磁気インピーダンス特性でインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を用いた磁場検出装置において、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁され、前記外部磁場に応じてインピーダンスの変化する1対の感磁素子と、

前記1対の感磁素子に前記パルス電流又は前記交流電流を供給する発振手段と、

前記1対の感磁素子の端子間のインピーダンスに関連する物理量を、それぞれ検出する1対の検出手段と、

前記1対の検出手段の出力信号の差を出力する差出力手段と、

前記差出力手段の出力信号を所定レベルと比較し、比較結果を2値信号として出力する比較手段とを有することを特徴とする磁場検出装置。

【請求項3】前記感磁素子にバイアス磁場を印加するバイアス手段を有することを特徴とする請求項1に記載の磁場検出装置。

【請求項4】前記外部磁場の大きさが増加するとき、前記1対の感磁素子の内部磁場が、一方は増大し、他方は減少する関係となるように、前記1対の感磁素子にバイアス磁場を印加するバイアス手段を有することを特徴とする請求項2に記載の磁場検出装置。

【請求項5】前記バイアス手段は、コイルに直流電流を通電する電磁石、又は、永久磁石であることを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の磁場検出装置。

【請求項6】前記比較手段は、入力信号を第1所定レベルと比較する第1比較手段と、入力信号を第2所定レベルと比較する第2比較手段とを有し、第1比較手段及び第2比較手段の出力信号は、外部磁場の向きの情報を含むことを特徴とする請求項3乃至請求項5の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項7】前記発振手段は、パルス電流を前記感磁素子に供給し、

前記感磁素子と前記検出手段との間に設けられ、前記パルス電流に同期して、前記感磁素子に現れる第1パルスのみを通過させるスイッチを有することを特徴とする請求項1乃至請求項6の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項8】前記検出手段は、入力信号のピーク値又は繰り返し入力されるピーク値又は交流信号の振幅に関連する値が形成する信号を出力する信号処理回路を有することを特徴とする請求項1乃至請求項7の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項9】前記検出手段は、ピークホールド回路、又は、積分回路であることを特徴とする請求項1乃至請求項8の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項10】前記感磁素子の周回方向に巻回され、前記検出手段の出力信号に応じて、前記検出軸方向の成分である前記外部磁場を相殺する磁場を生成する負帰還励磁コイルを有することを特徴とする請求項1乃至請求項9の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項11】前記感磁素子の周回方向に巻回され、前記検出手段の出力信号に応じて、前記検出軸方向の成分である前記外部磁場を相殺する磁場を生成する負帰還励磁コイルを有し、

前記負帰還励磁コイルは、前記バイアス手段を兼ねることを特徴とする請求項3乃至請求項9の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項12】前記発振手段は、矩形波発振回路と、矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し微分信号を前記パルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする請求項1乃至請求項11の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項13】感磁素子は、周回方向に磁気異方性を有することを特徴とする請求項1乃至請求項12の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項14】前記感磁素子は、前記パルス電流又は交流電流に対して表皮効果を生ずる素子であることを特徴とする請求項1乃至請求項13の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項15】前記感磁素子は、アモルファス磁性体からなることを特徴とする請求項1乃至請求項14の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項16】前記感磁素子は、アモルファス磁性体からなるワイヤであることを特徴とする請求項1乃至請求項15の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項17】前記磁気インピーダンス特性は、前記交流電流の周波数を所定周波数以下とするか、前記感磁素子に張力を印加することで得ることを特徴とする請求項1乃至請求項16の何れか1項に記載の磁場検出装置。

【請求項18】前記感磁素子は基板上に形成された電極で両端が支持通電され、前記基板と前記感磁素子との間を含み、前記感磁素子の周囲がゲル状物質で覆われてい

ることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 17 の何れか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 19】前記感磁素子を両端で支持通電する電極に置いて、感磁素子の上からアルミニウム又はアルミニウム合金を被せて、超音波ボンディングすることで、前記感磁素子と前記電極とを接合することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 18 の何れか 1 項に記載の磁場検出装置。

【請求項 20】前記電極は、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、錫、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも 1 種を含む合金から成ることを特徴とする請求項 19 に記載の磁場検出装置。

【請求項 21】前記電極は、表面層として、アミニウム又はアルミニウム合金からなる層を有することを特徴とする請求項 20 に記載の磁場検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高感度の磁場検出装置に関する。本発明は、特に、磁場が所定レベルを超えるタイミングを検出できる装置に関する。具体的な応用例としては、自動車用 ABS の回転センサや、磁気スケールに応用することができる。本発明は、微小磁場が存在することの検出や、交流的に変動する微小磁場の極値を高精度で検出できる検出装置に用いることができる。

【0002】

【従来の技術】従来から、磁場を検出するセンサとして、ホール素子、MR 素子、磁気ピックアップ等が知られている。しかし、これらのセンサの検出感度が低いため、検出可能磁場は、 $1.4 \times 10^{-4}$  A/m 程度に過ぎない。直流又は低周波磁場の大きさを高感度で検出する小型素子として、本件出願の発明者の一人は、径  $50 \mu\text{m}$  程度のアモルファスワイヤに、 $200\text{kHz}$  以上の高周波電流を流す時、このワイヤに平行な外部磁場成分に応じて、このワイヤのインピーダンスが大きく変化する現象を発見した。そして、この原理を用いた外部磁場の大きさそのものを検出する検出素子が提案されている（特開平 7-181239 号）。

【0003】さらに、同一発明者は、インピーダンスの変化による端子間電圧の変化が、外部磁場の  $0 \sim 400$  A/m の範囲で、同一の端子間電圧に対して 2 つの異なる外部磁場を取ることを見出した。そして、このことが、 $0 \sim 400$  A/m 付近の磁場を端子間電圧から一意的に決定できないことから、直流バイアス磁場を印加して、0 点をオフセットさせた方位センサを提案した（特開平 7-248365 号）。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このようにいわゆる磁気インピーダンス素子と呼ばれる高感度の磁場検出センサが提案されているが、さらに、この磁気インピーダン

ス素子を用いた、各種の用途に応用できる磁場検出装置の開発が要請されている。そこで、本発明は、外部磁場の大きさに対する磁気インピーダンスの変化特性（以下、「磁気インピーダンス特性」という）における特別な動作領域を用いて、所定レベルを超える磁場を 2 値的に検出する新たな磁場検出装置を提供することを目的とする。本発明の目的は、検出しきい値の低い、高感度な磁場検出装置を実現することである。又、発明の他の目的は、検出を低消費電力で行うことである。又、他の目的は、バイアス磁場の大きさを適正に設定することで、適切な磁場検出範囲を得ることができるようにすることである。又、他の目的は、バイアス磁場の大きさを変化させることで、任意感度に設定したり、感度を変化させたりできるようにすることである。これらの目的は、本出願において開示されたそれぞれの発明が個々に達成する目的であって、本件各発明がこれらの目的の全てを達成するものと理解されるべきではない。

【0005】

【課題を解決するための手段及び発明の作用効果】請求項 1 の発明は、検出軸方向の成分である外部磁場の大きさが増加するに連れて、インピーダンスが減少する磁気インピーダンス特性でインピーダンスが変化する磁気インピーダンス効果を用いた磁場検出装置において、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁され、外部磁場に応じてインピーダンスの変化する感磁素子と、感磁素子にパルス電流又は交流電流を供給する発振手段と、感磁素子の端子間のインピーダンスに関連した物理量を検出する検出手段と、検出手段の出力信号を所定レベルと比較し、比較結果を 2 値信号として出力する比較手段とを有することを特徴とする。

【0006】本磁場検出装置は、検出軸方向の外部磁場が所定レベルよりも大きい小さいかを検出する装置である。感磁素子は、例えば、図 2 に示すように、線状の素子であって、パルス電流  $I$  又は交流電流  $I$  を流すことで、周回方向に励磁される素子である。この周回方向の励磁  $H$ 、により内部の磁気モーメント  $M$  がパルス電流又は交流電流に応じて変化することになる。そして、この磁気モーメント  $M$  の変化特性が印加される磁場  $H$  の存在により変化することになる。即ち、この特性の変化により、感磁素子の透磁率が磁場により変化することになる。感磁素子の表皮抵抗成分とインダクタンス成分は共に、透磁率  $\mu$  の平方根に比例しているため、インピーダンス  $Z$  は透磁率の平方根に比例する。この結果、感磁素子のインピーダンス  $Z$  が、磁場によって変化する。このインピーダンス  $Z$  の大きさを測定することで、検出軸  $x$  方向の磁場  $H_x$  を測定することができる。本発明は、このような原理に基づくものである。

【0007】このような磁気インピーダンス効果を有する感磁素子の印加される磁場  $H$ 、に対するインピーダンス  $Z$ （絶対値）の変化特性である磁気インピーダンス特

性は、供給する電流の周波数を低周波、例えば、1 MHz以下としたり、又、感磁素子に張力を印加することで、図1に示すような特性が得られる。磁気インピーダンスは磁場 $H_z$ の向きには依存しないことから、+検出軸方向(+x)と-検出軸方向(-x)とで、インピーダンス $Z$ の変化特性は対称となる。そして、磁場 $H_z$ の絶対値が増大するに連れて、インピーダンス $Z$ は減少する。本発明は、このような磁気インピーダンス特性を用いて磁場の大きさを判定するものである。検出すべき検出軸方向の外部磁場 $\pm \Delta H_z$ が印加されると、感磁素子のインピーダンス $Z$ は、 $Z_0 - \Delta Z$ となる。外部磁場 $\Delta H_z$ が存在しない時のインピーダンス $Z$ が $Z_0$ であるから、インピーダンスの変位 $\Delta Z$ を測定することで、対応する外部磁場 $\Delta H_z$ の測定が可能となる。

【0008】感磁素子の端子間のインピーダンスに関連した物理量が検出手段で検出され、比較手段によって、検出手段の出力信号が所定レベルと比較され、比較結果が比較手段から出力される。感磁素子にパルス電流又は交流電流を供給する発振手段は、定電流源でも定電圧源でも良いし、そうでなくとも良い。検出手段の検出する物理量は、感磁素子の端子間のインピーダンスに関連して変化するものであれば、任意である。例えば、発振手段から定電流が感磁素子に供給されるならば、検出手段は、感磁素子の端子間電圧を検出すれば良い。逆に、発振手段から定電圧が感磁素子に供給されるならば、検出手段は、感磁素子の端子間を流れる電流を検出すれば良い。定電流源でも定電圧源でもない場合には、感磁素子の端子間を流れる電流 $I$ と、端子間の電圧 $V$ とを検出することで、それらの比 $V/I$ から感磁素子のインピーダンスを検出すれば良い。

【0009】本発明は、このような原理を用いていることから、簡単な構造で、外部磁場の大きさを高感度で判定することが可能となる。感磁素子は、望ましくは、周回方向に容易に磁化される磁気異方性を有するのが良い。このことにより、外部磁場による磁気インピーダンスの変化が大きく、検出感度を向上させることが可能となる。このような材料にアモルファス磁性体がある。望ましくは、線状の磁性体が良い。

【0010】尚、パルス電流は高周波成分を含んでいるので、一種の高周波電流に含まれる概念でもある。又、パルス電流や高周波電流は、例えば、1周期だけ印加されるのもや、繰り返して印加される周期信号でも良い。供給する電流の周波数は、図1のような磁気インピーダンス特性が得られれば、任意であるが、例えば、1 MHz以下の周波数を用いることで、容易にこの特性を得ることができる。又、感磁素子に張力を加えることで、図1に示す磁気インピーダンス特性を得ることができる。

【0011】請求項2の発明は、検出軸方向の成分である外部磁場の大きさが増加するに連れて、インピーダンスが減少する磁気インピーダンス特性でインピーダンス

が変化する磁気インピーダンス効果を用いた磁場検出装置において、パルス電流又は高周波電流により周回方向に励磁され、外部磁場に応じてインピーダンスの変化する1対の感磁素子と、1対の感磁素子にパルス電流又は交流電流を供給する発振手段と、1対の感磁素子の端子間のインピーダンスに関連する物理量を、それぞれ検出する1対の検出手段と、1対の検出手段の出力信号の差を出力する差出力手段と、差出力手段の出力信号を所定レベルと比較し、比較結果を2値信号として出力する比較手段とを有することを特徴とする。

【0012】本発明は、請求項1の発明に対して、感磁素子を1対設けたものである。バイアス磁場を印加しない場合には、磁場の向きを検出することができないため、周期的に変動する磁場を検出する場合に、磁場周期に対して90度の位相差を有した磁場が1対の感磁素子を貫くように構成する。このように構成すると、1対の感磁素子の出力は共に、外部磁場の变化の周期の2倍の周期で変化するので、外部磁場の位相差90度は、1対の感磁素子の出力では180度の位相差となる。よって、この1対の感磁素子の出力の差は、外部磁場の周期の2倍の周期で変化するようになる。この信号から外部磁場のレベル判定をすることができる。この時、1対の感磁素子の出力の差を演算していることから、同相ノイズが除去されることになる。又、温度に対しては、図1の磁気インピーダンス特性は、インピーダンスの大きさを平行移動させた特性となるので、上記の差動構成とすることで、温度補償を行なうことが可能となる。又、ドリフト補償を行うことができる。

【0013】尚、発振装置は1対の感磁素子に対して共通にパルス電流又は交流電流を供給するものであっても、独立して別々に供給するものであっても良い。共通化すれば、製造コストが安価となり、装置を小型化することが可能となる。

【0014】請求項3の発明は、感磁素子にバイアス磁場を印加するバイアス手段を有することを特徴とする。バイアス磁場を印加することで、磁場の向きを検出することが可能となる。図3に示す磁気インピーダンス特性の領域W1、領域W2において、本発明は用いられる。この領域を使用領域とするために、感磁素子にはバイアス磁場 $H_z$ 。又は $-H_z$ が印加されている。簡単のために、領域W1だけを考える。この状態で、検出すべき検出軸方向の外部磁場 $\Delta H_z$ が印加されると、感磁素子の検出軸方向の磁場成分は $H_z + \Delta H_z$ となり、検出すべき検出軸方向の外部磁場 $-\Delta H_z$ が印加されると、感磁素子の検出軸方向の磁場成分は $H_z - \Delta H_z$ となる。磁場成分 $H_z + \Delta H_z$ に対してインピーダンス $Z_0 - \Delta Z$ が検出され、磁場成分 $H_z - \Delta H_z$ に対してインピーダンス $Z_0 + \Delta Z$ が検出される。バイアス磁場 $H_z$ に対応するインピーダンス $Z_0$ に対するインピーダンスの変位 $\Delta Z$ を測定することで、対応する外部磁場 $\Delta H_z$ の

大きさと向きが測定が可能となる。

【0015】尚、上記磁気インピーダンス特性において、一般的には、非線形性により、 $| \Delta Z |$ 、 $| \neq | \Delta Z$ 、 $|$ である。しかし、本発明は、所定インピーダンスに対して、インピーダンスが大きいか否かを判定している

ので、測定の非直線性は、特に、問題とはならない。

【0016】本発明は、このような原理を用いていることから、バイアス磁場の大きさを適切に選定すること、磁気インピーダンス特性の曲線の傾きを適切に選択することができる。換言すれば、磁場の検出対象に応じて、感度を適切に設定することができる。又、1つの検出装置において、バイアス磁場の大きさを変化させることで、感度を変化させることが可能となる。よって、測定環境と検出すべき磁場の大きさとの関係において、感度を適切に設定することが可能となる。例えば、ノイズ磁場が小さい環境であれば、感度が大きくなるようにバイアス磁場を調整し、ノイズ磁場が大きい環境であれば、感度を小さくするようにバイアス磁場を調整すれば良い。このバイアス磁場は、バイアス磁場を発生させるコイルに流す電流の大きさを調整することで、可変させることができる。

【0017】請求項4の発明は、外部磁場の大きさが増加するとき、1対の感磁素子の内部磁場が、一方は増大し、他方は減少する関係となるように、1対の感磁素子にバイアス磁場を印加するバイアス手段を有することを特徴とする。本発明は、請求項3の発明に対して、感磁素子を1対設けたものである。1対の感磁素子を貫く検出すべき磁場が共通である場合には、図3における領域W1で動作する感磁素子と、領域W2で動作する感磁素子とを1対設けたものである。即ち、一方の感磁素子の内部磁場が $H_0 + \Delta H_0$ （図3のC点）であるとき、他方の感磁素子の内部磁場が $-H_0 + \Delta H_0$ （図3のD点）となるようにバイアス磁場を印加する。共通の検出すべき磁場 $\Delta H_0$ の向きに対して、バイアス磁場の向きが互いに反対となる向きに印加する。このようにすることで、一方の検出手段は、 $Z_0 - \Delta Z_0$ のインピーダンス（C点）を検出し、他方の検出手段は、 $Z_0 + \Delta Z_0$ のインピーダンス（D点）を検出する。差出力手段は、この1対の検出手段の出力信号の差を演算することになり、その出力である $-\Delta Z_0 - \Delta Z_0$ から、検出すべき磁場 $\Delta H_0$ の大きさ及び向きが測定されることになる。このようにすることで、同相ノイズが除去されることになる。又、温度に対しては、図3の磁気インピーダンス特性は、インピーダンスの大きさを平行移動させた特性となるので、上記の差動構成とすることで、温度補償を行なうことが可能となる。又、ドリフト補償が行われる。

【0018】又、1対の感磁素子を貫く検出すべき磁場の向きが互いに反対となる場合、即ち、一方の感磁素子には磁場 $\Delta H_0$ が貫き、他方の感磁素子には磁場 $-\Delta H_0$

が貫く構成とした場合には、バイアス磁場は1対の感磁素子において同一向きに与えることになる。即ち、一方の感磁素子の内部磁場が、図3の領域W1において、 $H_0 + \Delta H_0$ （C点）となるとき、他方の感磁素子の内部磁場が、図3の領域W1において、 $H_0 - \Delta H_0$ （E点）となるように構成する。この場合も、上記と同様にして、一方の検出手段が、 $Z_0 - \Delta Z_0$ のインピーダンス（C点）を検出し、他方の検出手段は、 $Z_0 + \Delta Z_0$ のインピーダンス（E点）を検出する。差出力手段は、この1対の検出手段の出力信号の差を演算することになり、その出力である $-\Delta Z_0 - \Delta Z_0$ から、検出すべき磁場 $\Delta H_0$ が測定されることになる。このようにすることで、同相ノイズが除去され、ドリフト対策や温度補償を行なうことができる。

【0019】本請求項の発明では、比較手段への入力信号には、バイアス磁場 $H_0$ に相当する信号が含まれていない。よって、比較手段における所定レベルの設定は、検出すべき外部磁場の範囲（ $-\Delta H_0$ の最小値 $\sim \Delta H_0$ の最大値）の範囲に設定すれば良いので、レベル設定が簡単となる。所定レベルを零とすれば、磁場の向きが変化するタイミングを検出でき、 $-\Delta H_0$ の最小値、又は、 $\Delta H_0$ の最大値に対応するレベルに設定すれば、磁場の最小値又は最大値（磁極の極値）付近を検出することができる。

【0020】尚、発振装置は1対の感磁素子に対して共通にパルス電流又は交流電流を供給するものであっても、独立して別々に供給するものであっても良い。共通化すれば、製造コストが安価となり、装置を小型化することが可能となる。

【0021】請求項5の発明は、バイアス手段は、コイルに直流電流を通電する電磁石、又は、永久磁石であることを特徴とする。バイアス手段を電磁石とすることで、感度の変更を容易に行なうことができる。永久磁石は、その磁力の大きさを適正に設定することで、感度を測定環境に応じた適正な値にすることが可能となる。又、永久磁石を用いることで低消費電力化が図れる。請求項6の発明は、比較手段は、入力信号を第1所定レベルと比較する第1比較手段と、入力信号を第2所定レベルと比較する第2比較手段とを有し、第1比較手段及び第2比較手段の出力信号は、外部磁場の向きの情報を含むことを特徴とする。請求項6の発明において、請求項3の発明の構成によれば、上述したように、検出すべき磁場 $+\Delta H_0$ に対して、インピーダンス $Z_0 - \Delta Z_0$ に応じた値が検出され、検出すべき磁場 $-\Delta H_0$ に対して、インピーダンス $Z_0 + \Delta Z_0$ に応じた値が検出される。よって、2つの所定レベルを設けることで、磁場の最小値と最大値、即ち、磁極のピーク付近の検出が可能となる。これにより、磁場の向きを検出することが可能となる。請求項6の発明において、請求項4の発明の構成によれば、上述したように、検出すべき磁場 $+\Delta H_0$

に対して、インピーダンス $-\Delta Z$ 、 $-\Delta Z$ 、に応じた値が検出され、検出すべき磁場 $-\Delta H$ に対して、 $+\Delta Z$ 、 $+\Delta Z$ 、に応じた値が検出される。よって、2つの所定レベルを設けることで、磁場の最小値と最大値、即ち、磁極のピーク付近の検出が可能となる。これにより、磁場の向きを検出することが可能となる。

【0022】請求項7の発明は、発振手段は、パルス電流を前記感磁素子に供給し、感磁素子と検出手段との間に設けられ、パルス電流に同期して、感磁素子に現れる第1パルスのみを通過させるスイッチを有することを特徴とする。この構成により、高周波雑音成分が除去されるので、感磁素子に印加されるパルス電流又は交流電流の周波数よりも低い周波数で変化する磁場変化を精度良く検出することができる。パルス電流に同期した第1パルスを磁場成分の検出値とすることができる。上記の原理を利用した磁場検出では、検出信号の第1パルスの波高値が外部磁場に比例している。よって、この構成をとることで、ノイズの影響を受けることがない精度の高い検出が可能となる。

【0023】請求項8の発明は、検出手段は、入力信号のピーク値又は繰り返し入力されるピーク値又は交流信号の振幅に関連する値が形成する信号を出力する信号処理回路を有することを特徴とする。感磁素子から検出する信号のピーク値が検出すべき外部磁場に比例している。よって、このピーク値を、例えば、ホールドしたり、繰り返しパルス電流を供給する場合には、繰り返し出力されるピーク値が形成する信号（包絡線信号、積分信号、ローパスフィルタをかけた信号、平滑化された信号等）を磁場の検出値とすることが可能となる。交流電流を供給する場合には、感磁素子から検出される信号の振幅に関連して変化する量（包絡線信号、積分信号、ローパスフィルタをかけた信号、平滑化された信号等）を求める。外部磁場は、直流磁場でも交流磁場でも良いが、交流磁場の場合には、パルス電流の繰り返し周波数よりも十分に低い周波数の交流磁場が測定対象となる。即ち、交流磁場をマクロ的には時間的に連続して測定することも可能である。

【0024】請求項9の発明は、検出手段は、ピークホールド回路、又は、積分回路であることを特徴とする。この構成により、磁場検出の精度を向上させることができる。

【0025】請求項10の発明は、感磁素子の周回方向に巻回され、検出手段の出力信号に応じて、検出軸方向の成分である外部磁場を相殺する磁場を生成する負帰還励磁コイルを有することを特徴とする。このことにより、磁気インピーダンス特性曲線上のバイアス磁場が印加された点、又は、バイアス磁場が零の点を、常に、動作点として動作させることができる。これにより、直線性良く、且つ、安定して外部磁場を検出することが可能となる。

【0026】請求項11の発明は、バイアス磁場を印加する構成の発明において、負帰還励磁コイルが、バイアス手段を兼ねることを特徴とする。これにより構造を複雑にすることなく、直線性の良い精度の高い磁場検出が可能となる。請求項12の発明は、矩形波発振回路と、矩形波発振回路の出力する矩形波を微分し微分信号を前記パルス電流とする微分回路とから成ることを特徴とする。この構成により、高感度化と低消費電力化を実現することが可能となる。

【0027】請求項13の発明は、感磁素子は、周回方向に磁気異方性を有することを特徴とする。周回方向に磁気異方性を有することで、外部磁場の検出感度を向上させることが可能となる。

【0028】請求項14の発明は、感磁素子は、パルス電流又は交流電流に対して表皮効果を発生する素子であることを特徴とする。表皮効果を発生することで、電流が表面に拘束される結果、外部磁場によるパルス電流又は交流電流により磁気インピーダンスの変化をより大きくすることができ、検出感度を向上させることができる。

【0029】請求項15の発明は、感磁素子は、アモルファス磁性体からなることを特徴とする。この構成により、周回方向の透磁率が軸方向の透磁率よりも大きくなるような磁気異方性を大きくすることが可能となる。

【0030】請求項16の発明は、感磁素子は、アモルファス磁性体からなるワイヤであることを特徴とする。この構成により、周回方向の透磁率が軸方向の透磁率よりも大きくなるような磁気異方性を大きくすることが可能となる。

【0031】請求項17の発明は、磁気インピーダンス特性は、交流電流の周波数を所定周波数以下とするか、感磁素子に張力を印加することで得ることを特徴とする。これにより、所望の磁気インピーダンス特性を得ることができる。請求項18の発明は、感磁素子は基板上に形成された電極で両端が支持通電され、基板と感磁素子との間を含み、感磁素子の周囲がゲル状物質で覆われていることを特徴とする。ゲル状物質により感磁素子を外部からの歪みが加わらないようにすることができる。特に、アモルファス磁性体の場合には、歪みによる検出精度の低下が問題となるが、この様にゲル状物質で回りを覆うことで、歪みが感磁素子に係ることが防止される。特に、樹脂モールドした場合には、樹脂の冷却過程で発生する応力が感磁素子にかかることになるが、ゲル状物質はこの歪みを吸収するので、感磁素子に応力が係るのを防止することができる。ゲル状物質はゾルがジェリー状に固化したものを意味する。例えば、シリコンゲル、シリカゲル、エラストマ、ゼラチン等、一般的には、ヒドロゲル、リオゲル、弾性ゲル等のゲルを使用することができる。要は、弾性を吸収するような物質であれば良い。



【0032】請求項19の発明は、感磁素子を、両端で支持通電する電極に置いて、感磁素子の上からアルミニウム又はアルミニウム合金を被せて、超音波ボンディングすることで、感磁素子と電極とを接合することを特徴とする。感磁素子がアモルファス磁性体の場合には、加熱すると結晶化が起こるので、加熱接合はできないし、歪みに弱い。よって、感磁素子を超音波ボンディングにより電極へ接合することが望ましい。超音波ボンディングする場合には、感磁素子の上にアルミニウム又はアルミニウム合金を置いて、超音波ツールによって加圧すること、このアルミニウム又はアルミニウム合金が緩衝作用をして、感磁素子に歪みが印加されるのが防止される。又、感磁素子の表面に形成された酸化膜が超音波により剥離されて、アルミニウム又はアルミニウム合金に取り込まれる。この結果、アルミニウム又はアルミニウム合金と感磁素子との機械的接合及び電気的接合が良好に行われる。

【0033】請求項20の発明は、電極は、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも1種を含む合金から成ることを特徴とする。電極をこれらの材料とすることで、感磁素子との超音波ボンディングによる強固な接合が可能となる。

【0034】請求項21の発明は、電極は、表面層として、アルミニウム又はアルミニウム合金からなる層を有することを特徴とする。この構成により、感磁素子の上に置かれるアルミニウム又はアルミニウム合金との接合性が良く、感磁素子を電極に強固に接合することが可能となる。

#### 【0035】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施の形態に基づいて説明する。なお、本発明は、下記の実施形態に限定されるものではない。

#### 第1実施形態

磁場検出装置の具体的な構成は、図4に示ようになる。尚、バイアス手段を持たない実施形態は、バイアス手段を有する実施形態において、バイアス磁場H<sub>0</sub>を零としたもので説明できる。よって、バイアス手段を有する実施形態を先に説明する。感磁素子10は、例えば、線状の零磁歪アモルファス磁性体で構成される。特に、検出軸方向に線状に伸びたアモルファスワイヤが用いられる。アモルファス磁性体には、例えば、CoSiB系、FeCoSiB系、FeSiB系これらの合金等の磁性体を用いることができる。具体的な寸法を示せば、長さ3mm、直径30μmである。感磁素子10にはバイアス手段である薄膜磁石20により、バイアス磁場が印加されている。この薄膜磁石20により、図3に示す磁気インピーダンス特性曲線におけるバイアス磁場H<sub>0</sub>が得られている。発振器13は矩形波を発振する。発振器13は、より具体的にはC-MOSマルチバイブレータを用いるこ

とができる。この矩形波は微分回路14にて微分されて、抵抗R<sub>1</sub>を介して感磁素子10に印加される。抵抗R<sub>1</sub>は定電流を供給するための抵抗である。このような回路によりパルス電流Iが感磁素子10に供給される。パルス電流は、例えば、立ち上がり時間が約5nsである。発振器13と微分回路14とで、発振手段が構成されている。

【0036】感磁素子10の一端は、スイッチ15に接続されている。スイッチ15は、より具体的には、一例として、トランジスタから成るアナログスイッチを用いることができる。次に、スイッチ15を通過した信号は、信号処理回路16に入力する。この信号処理回路16は、一例として、コンデンサC<sub>1</sub>と抵抗R<sub>2</sub>とから成るピークホールド回路で構成することができる。この信号処理回路16により繰り返して検出されるパルス信号のピークがホールドされる。パルス電流を繰り返して供給し、パルス信号を繰り返して検出する場合には、このようにピークホールド回路の他、ピークに比例した量が検出されるならば、積分回路、平滑回路等を用いることが可能である。

【0037】感磁素子10及び感磁素子10に至る配線には、インダクタンスと浮遊容量が存在し、他の線路においてもインダクタンスと浮遊容量が存在する。従って、感磁素子10の端子間電圧には、パルス電流にตอบสนองした単一パルスだけではなく、それに続く振動波形が含まれることになる。このため、パルス電流にตอบสนองした成分のみを抽出するために、スイッチ15が設けられている。又、感磁素子10の端子間電圧のピークのタイミングとスイッチ15が完全にオンとなるタイミングとで位相同期をとるために、スイッチ15の制御信号に対して、感磁素子10に供給するパルス電流Iは約10ns遅延させている。要は、スイッチ15には、パルス電流にตอบสนองし、正確に外部磁場に比例した信号成分のみを通過させる期間だけオンとするように制御信号を印加すれば良い。スイッチ手段15、信号出力回路16で検出手段が構成されている。

【0038】信号処理回路16の出力信号は比較手段である比較回路17に入力している。信号処理回路16の信号端子がコンパレータ171の非反転入力端子に接続され、コンパレータ171の反転入力端子には、抵抗R<sub>3</sub>、R<sub>4</sub>による抵抗分割電圧が所定レベルとして印加されている。そして、コンパレータ171の出力信号は、2値信号として出力される。この出力信号が検出すべき磁場の大きさを2値的に判定した信号となる。

【0039】上記の構成により、感磁素子10の端子間インピーダンスは、感磁素子10の端子間電圧として検出される。信号処理回路16の出力する信号が感磁素子の端子間インピーダンスに関連した値となり、この値がコンパレータ171により所定レベルと比較される。これにより、検出すべき磁場が所定レベルよりも大きいこ

否かが検出されることになる。このように、本実施例では、図3に示す、磁気インピーダンス特性曲線において、磁場が増加するに連れてインピーダンスが減少する領域W1で動作するようにバイアス磁場 $H_0$ が設定されている。この結果、バイアス磁場を変化させることで、感度を使用環境に応じて変化させることができる。又、バイアス磁場を適正に選択することで、使用環境に最適な感度とすることができる。

【0040】コンパレータ171の反転入力端子へ入力する電圧は、外部磁場のレベル判定の基準となる所定レベルを与えている。この所定レベルは、図3における $H_0 - \Delta H_x$ の最小値から、 $H_0 + \Delta H_x$ の最大値の範囲内の任意のレベルに設定すれば良い。特に、外部磁場 $\Delta H_x$ が零で、バイアス磁場 $H_0$ だけが検出されている時に、コンパレータ171の2入力端子間の電圧が零となるように、所定レベルを設定すれば、外部磁場 $\Delta H_x$ の向きを判定することができる。さらに、信号処理回路16の出力に対してレベル判定をするコンパレータを2つ設けて、一方のコンパレータの所定レベルは、 $H_0$ から $H_0 + \Delta H_x$ の最大値の範囲の任意レベルに設定し、他方のコンパレータの所定レベルは、 $H_0 - \Delta H_x$ の最小値から $H_0$ の範囲の任意レベルに設定することで、磁場のピーク付近を検出することが可能となる。即ち、N極、S極のピーク付近を検出することが可能となる。

#### 【0041】第2実施形態

本実施形態は、第1実施形態においてバイアス磁場を印加しないものである。バイアス磁場 $H_0$ を印加しない場合の実施形態の構成は、図4の構成において、薄膜磁石20を削除した構成となる。又、磁気インピーダンス特性は、図1に示すものとなり、使用領域は、全範囲のW0の領域である。この場合には、外部磁場 $\Delta H_x$ が零の場合に感磁素子10のインピーダンス $Z$ は $Z_0$ となり、外部磁場が $\Delta H_x$ 、 $-\Delta H_x$ の時、共に、感磁素子10のインピーダンス $Z$ は $Z_0 - \Delta Z$ となる。従って、この場合には、外部磁場の絶対値に対するレベル判定が行なわれることになる。即ち、図4のコンパレータ171の反転入力端子に設定される電圧が意味する磁場の所定レベルよりも外部磁場の絶対値が大きい時に、コンパレータ171の出力は正となる。これにより、外部磁場の絶対値のレベル判定が可能となる。例えば、S極、N極の磁極のピーク付近を検出することが可能となる。

#### 【0042】第3実施形態

次に、感磁素子と検出手段を1対用いて、同相雑音等を除去することで、より検出精度を向上させた検出装置について説明する。本実施形態も、バイアス手段を有するものを先に説明し、バイアス手段を有さないものを後で説明する。図5に示すように、一対の感磁素子10aと10bの接続点dはグラウンドに接続されており、それぞれ他端e、fからパルス電流が供給される。前実施例と同様に、バイアス手段である薄膜磁石20a、20b

により、それぞれの感磁素子10a、10bには図3に示すバイアス磁場 $+H_0$ と $-H_0$ が、それぞれ、与えられている。即ち、感磁素子10aは、図3の領域W1で動作し、感磁素子10bは、図3の領域W2で動作するようにバイアス磁場が印加されている。検出すべき磁場 $\Delta H_x$ は、1対の感磁素子10aと10bとを電流の正の向きに同方向に貫くが、バイアス磁場は、相互に、逆向きとなっている。

【0043】そして、感磁素子10aの活線側の端子eには、スイッチ15aが接続され、感磁素子10bの活線側の端子fには、スイッチ15bが接続されている。又、スイッチ15aには、ピークホールド回路から成る信号処理回路16aが接続され、スイッチ15bには、同様な信号処理回路16bが接続されている。

【0044】差動増幅器21の反転入力端子には信号処理回路16aの出力信号 $G_{a1}$ が入力し、差動増幅器21の非反転入力端子には信号処理回路16bの出力信号 $G_{b1}$ が入力している。よって、この差動増幅器21は、 $G_{b1} - G_{a1} = E_{b1} - E_{a1}$ が入力している。但し、 $E_{a1}$ は感磁素子10aの活線側の端子eのアースに対する電圧であり、 $E_{b1}$ は感磁素子10bの活線側の端子fのアースに対する電圧である。電圧 $E_{a1}$ は、インピーダンス $Z_0 - \Delta Z_1$ に比例し、電圧 $E_{b1}$ はインピーダンス $Z_0 + \Delta Z_1$ に比例する。よって、差動増幅器21の出力電圧は、検出すべき磁場 $\Delta H_x$ に比例したインピーダンス $\Delta Z_1$ 、 $+\Delta Z_1$ に比例している。従って、この出力電圧から外部磁場 $\Delta H_x$ を検出することができる。 $\Delta Z_1$ と $\Delta Z_2$ が等しいとすれば、第1、第2実施形態に比べると、2倍の感度が得られることになる。この差動増幅器21の出力電圧をコンパレータ171に入力することで、所定レベルに対して、検出すべき磁場 $\Delta H_x$ が大きいかが判定できる。

【0045】図5の回路構成においては、差動増幅器21の出力信号には、バイアス磁場 $H_0$ の信号を含んでいない。よって、コンパレータ171の反転入力端子に印加する電圧が磁場レベル判定のための所定レベルとなる。この所定レベルは、図3における $-\Delta H_x$ の最小値から、 $+\Delta H_x$ の最大値の範囲内の任意のレベルに設定すれば良い。特に、所定レベルを零とすれば、外部磁場 $\Delta H_x$ の向きを判定することができる。さらに、差動増幅器21の出力に対してレベル判定をするコンパレータを2つ設けて、一方のコンパレータの所定レベルは、0から $+\Delta H_x$ の最大値の範囲の任意レベルに設定し、他方のコンパレータの所定レベルは、 $-\Delta H_x$ の最小値から零の範囲の任意レベルに設定することで、磁場のピーク付近を検出することが可能となる。即ち、N極、S極のピーク付近を検出することが可能となる。このように本実施形態では、磁場の大きさの判定のための所定レベルには、バイアス磁場に対応する成分を含んでいない。よって、所定レベルはバイアス磁場と無関係に設定でき

るので、所定レベルの設定が容易となる。

【0046】一対の感磁素子を用いる他の例として、図6、図7の構成をとることも可能である。即ち、本実施例は、図7に示すような磁気スケールの磁極の反転タイミングを検出する装置である。感磁素子10aと感磁素子10bとは、磁場位相にして180度の位相差の間隔で設けられている。よって、感磁素子10aと感磁素子10bとを貫く磁場 $\Delta H_x$ の向きは、電流の正の向きを基準にして、それぞれ、反対である。そして、バイアス磁場 $H_x$ は、感磁素子10a、10bにおいて、電流の正の向きに対して、それぞれ同一向きに印加されている。図3の磁気インピーダンス特性曲線上の領域W1で2つの感磁素子を動作させるものである。よって、各感磁素子10a、10bの端子電圧 $E_a$ 、 $E_b$ は、それぞれ、図7の(b)、(c)のように、変化する。即ち、位相が180度異なっている。それらの差電圧は図7(d)に示すように変化し、図6に示す、2つのコンパレータ171a、171bを用いることで、それぞれの出力から、N極、S極のピーク付近が通過するタイミングを検出することができる。

#### 【0047】第4実施形態

次に、第3実施形態において、バイアス手段のないものについて説明する。図5において、バイアス手段である薄膜磁石20a、20bを取り除いた構成と完全に同一である。この場合に、1対の感磁素子10a、10bに、同一大きさの磁場が貫通すると、図1に示す磁気インピーダンス特性の対称性から、磁場の向きに係わらず、1対の感磁素子10a、10bの端子電圧は同一となる。よって、差動増幅器21の出力は零となる。そこで、バイアス磁場を印加しない場合には、図8に示すような使用の仕方をする。

【0048】例えば、図8に示すような磁気スケールの磁極の反転タイミングを検出する装置に使用する。感磁素子10aと感磁素子10bとは、磁場位相にして90度の位相差の間隔で設けられている。よって、感磁素子10aと感磁素子10bとを貫く磁場 $\Delta H_x$ は、一方が絶対値が最大となると、他方は絶対値が最小、即ち、零となる関係となる。よって、各感磁素子10a、10bの端子電圧 $E_a$ 、 $E_b$ は、それぞれ、図8の(b)、(c)のように変化する。即ち、感磁素子の電圧は磁場周期の2倍で変化するために、感磁素子10aの端子電圧 $E_a$ と、感磁素子10bの端子電圧 $E_b$ の位相差は180度となる。したがって、それらの差電圧は図8

(d)に示すように、外部磁場の周期の2倍で変化する波形となる。この差電圧をコンパレータ171で、所定レベルと比較することで、外部磁場の全体値の最大付近を検出することが可能となる。即ち、N極、S極のピーク付近が通過するタイミングを検出することができる。

#### 【0049】第5実施形態

次に、感磁素子10の内部磁場を常に、バイアス磁場 $H_x$

。とするように負帰還制御して、磁場を検出する実施例について説明する。図9は、その装置の構成を示している。図4に示す例と異なる点は、感磁素子10に負帰還磁場を印加する負帰還励磁コイル12が設けられている点がある。又、本実施例では負帰還励磁コイル12はバイアス手段も構成している。即ち、前述の実施形態で用いた薄膜磁石20は用いておらず、負帰還励磁コイル12でバイアス磁場を印加している。

【0050】本実施形態では、信号処理回路16の出力を差動増幅器22で増幅して、その出力信号を負帰還励磁コイル12に印加している。外部磁場 $\Delta H_x$ が零の場合には、バイアス磁場 $H_x$ だけが、感磁素子10に印加されるように負帰還励磁コイル12に電流が流れるように、差動増幅器22の反転入力端子の電圧が抵抗により調整されている。例えば、外部磁場 $\Delta H_x$ が零の場合には、差動増幅器22の出力から電流が負帰還励磁コイル12のアースに向けて電流が供給されて、バイアス磁場 $H_x$ が発生されているとする。次に、外部磁場 $\Delta H_x$ が正方向に増加すると、感磁素子10の端子間インピーダンスは減少し、この結果、端子間電圧も減少する。すると、差動増幅器22の非反転入力端子の電圧が低下して、負帰還励磁コイル12に流れる電流が減少する。これにより、バイアス磁場 $H_x$ が減少することになり、この減少分が外部磁場 $\Delta H_x$ の増加を補償して、感磁素子10の内部磁場が一定のバイアス磁場 $H_x$ になるように負帰還制御されている。

【0051】同様に、外部磁場 $-\Delta H_x$ が負方向に増加すると、感磁素子10の端子間インピーダンスが増加し、端子間電圧も増加する。よって、差動増幅器22の非反転入力端子の電圧が増加し、負帰還励磁コイル12をアース方向に流れる電流が増加する。これにより、バイアス磁場が増加し、この増加分が外部磁場の減少分を補償するように構成されている。この様に、差動増幅器22の2入力電圧差が零となるように負帰還がかかっているため、検出すべき外部磁場がどのように変動しても、感磁素子10の内部磁場は、一定のバイアス磁場 $H_x$ に制御される。この結果、図3の磁気インピーダンス特性曲線上の動作点が常にバイアス磁場となるために、直線性の良い磁場の検出が可能となる。差動増幅器22の出力レベルをコンパレータ171で判定することで、検出磁場の大きさの判定が可能となる。コンパレータ171における所定レベルの設定方法や、比較結果については、図4に示した第1実施形態と同様である。

【0052】又、本実施例形態の場合には、差動増幅器22の反転入力端子の電圧レベルを調整することで、バイアス磁場 $H_x$ を調整できる。

【0053】尚、この実施例では、負帰還励磁コイル12でバイアス手段を兼用しているが、負帰還励磁コイルと、別に、永久磁石や電磁石などのバイアス手段を用いても良い。

## 【0054】第6実施形態

本実施形態は、第5実施形態において、バイアス磁場 $H$ 。を零とした場合である。図1の磁気インピーダンス特性の領域 $W0$ で使用される。構成は、図9と同一である。差動増幅器22の反転入力端子の電圧をインピーダンス $Z$ 。に対応した電圧とする。このようにすれば、差動増幅器22は2入力之差を零とするように増幅して、負帰還電流を流すから、感磁素子10の内部磁場は、外部磁場 $\Delta H$ 。の大きさ、向きに係わらず、零となる。これにより、第5実施形態と同一の効果を奏する。但し、第5実施形態と異なり磁場の向きを検出することはできない。

## 【0055】第7実施形態

図10は、1対の感磁素子を用いた例である。図5に示す第3実施形態に対応するものである。但し、図5の回路に対して、差動増幅器21へ2入力之の端子を反転させている。即ち、信号処理回路16aの出力を非反転入力端子へ入力し、信号処理回路16aの出力を反転入力端子へ入力している。この場合も、一対の負帰還励磁コイル12a、12bに負帰還電流を流すことで、外部磁場を相殺して、一対の感磁素子の内部磁場は、常に、バイアス磁場 $H$ 。とすることが可能となる。抵抗 $R_{10}$ と抵抗 $R_{11}$ との分割により、バイアス磁場 $H$ 。に相当した所定レベルを差動増幅器21の出力に印加している。検出すべき外部磁場 $\Delta H$ 。が零の場合には、差動増幅器21の出力は零である。

【0056】 $-x$ 軸方向の外部磁場 $-\Delta H$ 。が感磁素子10a、10bに印加されると、差動増幅器21の出力が正となる。差動増幅器21の出力が正となると、負帰還励磁コイル21a、21bへの通電電流が増加する。これにより、バイアス磁場が増加することになり、外部磁場 $-\Delta H$ 。による磁場の減少を補償する。逆に、 $+x$ 軸方向の外部磁場 $\Delta H$ 。が感磁素子10a、10bに印加されると、差動増幅器21の出力が負となる。差動増幅器21の出力が負となると、負帰還励磁コイル21a、21bへの通電電流が減少する。これにより、バイアス磁場が減少することになり、外部磁場 $\Delta H$ 。による磁場の増加を補償する。このようにして、結局は、差動増幅器21の2つの入力差が零となるように、負帰還励磁コイル21a、21bに電流が流れることとなるので、感磁素子10a、10bの内部磁場は、検出すべき外部磁場 $\Delta H$ 。の向き及び大きさに係わらず、常に、バイアス磁場 $H$ 。となる。このようにすることで、動作点を固定した状態で磁場のレベル判定が可能となる。

【0057】コンパレータ171における所定レベルの設定及び、2つのコンパレータを用いて、N極、S極の磁場ピーク付近を検出できるようにする構成は、前述の第3実施形態と同一である。

## 【0058】第8実施形態

第7実施形態において、バイアス磁場 $H$ 。を零としたも

のである。構成は、図10と同一であるが、バイアス磁場 $H$ 。を零とする関係上、抵抗 $R_{10}$ と抵抗 $R_{11}$ による電圧印加は不要である。又、この実施形態は、図8に示す第4実施形態と同様な使用の仕方をする。この場合には、2つの感磁素子10a、10bの内部磁場は、零にはならず、両者の内部磁場が同一となるように負帰還制御されることになる。磁場の向きを判定することはできないが、磁場レベルの判定に関しては、第7実施形態と同一である。

## 10 【0059】他の実施形態

上記の実施形態は、感磁素子に印加されるパルス電流に同期して、端子間に発生する電圧の第1パルスをスイッチで同期検出して、ピークホールドしている。しかし、図11に示すように、ダイオード41の整流による平滑又は積分を用いて、外部磁場を検出するようにしても良い。又、上記実施例では、パルス電流を印加しているが、図11に示す装置において、交流電流を感磁素子に供給するようにしても良い。

【0060】図12は、本発明をマグネットロータの磁極変動を検出するのに応用した装置の例である。これにより、マグネットロータの回転に同期して、パルスがシリアルに出力されることになり、このシリアルパルスを計数することが回転角を測定することができる。又、図12では、出力パルスをFM変調器により発信して、受信装置でこのパルスを計数することで回転角が検出可能となる。勿論、送信側でパルスを計数しておいて、この計数値をFM変調器により発信しても良い。

【0061】図13は、使用環境にノイズ磁場が多い場合に、感磁素子の周囲をバーマロイ40等で磁気シールドした例を示している。これにより、ノイズに影響されずに、検出すべき磁場を高精度で検出することが可能となる。

## 【0062】感磁素子の機構

次に、磁場検出装置の機構的な構成について説明する。図14に示すように、感磁素子10が基板30の上に配置されている。基板30の上には、電極31、32が配置されており、その上に感磁素子10が両端を支持通電されるようにして配設されている。この感磁素子10は電極31、32に対してアルミニウム33、34を用いて、超音波ボンディングで接合されている。又、基板30の裏面にはバイアス手段である薄膜磁石20が形成されている。

【0063】以下、図14に示すような個片素子100を形成する方法について詳述する。先ず、平板状のセラミックス、PCB樹脂、シリコン等のいずれから成る基板の表面に銅を蒸着する。基板は絶縁性が望ましく、少なくとも電極形成部は絶縁されている必要がある。そして、フォトリソグラフィ工程を経て、電極31、32を残すようにエッチングを行う。このようにして、多数の感磁素子10が配置可能な基板が得られる。次に、感

磁素子10を基板上の電極31、32上に配置して、図15に示すように、その上からアルミニウム又はアルミニウム合金から成るプレート33を配置して、上からボンディングツール90で加圧して、超音波振動を発生させて接合させる。この時、プレート33、感磁素子10、電極31のそれぞれが相互に接続される。その後、プレート33を切断することで、1つの電極に対する感磁素子10の接合が完了する。このように、1枚の基板上において、多数の感磁素子を、順次、配置して超音波接合を行う。次に、この基板を図14に示すような短冊形状に分離する。

【0064】電極31の材料は感磁素子10と超音波接合が可能な材料で導電性があればなんでも良い。例えば、ニッケル、アルミニウム、金、銅、銀、錫、亜鉛、白金、マグネシウム、ロジウム、又は、これらの少なくとも1種を含む合金が望ましい。又、図14に示すように、電極31の表面にはアルミニウム又はアルミニウム合金から成る層311が形成されていても良い。この層の形成は、アルミニウム又はアルミニウム合金プレートを電極31の上に置き、その上に感磁素子10を置いて、さらにアルミニウム又はアルミニウム合金から成るプレート33を置いて、超音波ボンディングを行うことで形成することができる。即ち、感磁素子10を上下から挟む材料がアルミニウム又はアルミニウム合金とすることで、機械的接合及び電気的接触を完全なものとすることができる。さらに、電極31の上にアルミニウム又はアルミニウム合金を蒸着又はメッキしてから、接合させるようにしても良い。尚、電極31、32は、図示しない配線膜やリードピンと電気接続するためのワイヤボンディングのランドとなる。

【0065】超音波ボンディングを用いる理由は、感磁素子として、アモルファス磁性体、特に、アモルファスワイヤを用いているために、加熱によるハンダ接合は、結晶化が起るために使用できないためである。又、アモルファス磁性体は表面が酸化されており、ハンダ接合ができない。超音波ボンディングのろうとして、アルミニウム又はアルミニウム合金を用いると、機械的接合が強固となり電気的接触が良好となることが本発明者により初めて発見された。アモルファスワイヤの表面酸化膜が超音波振動により剥離され、還元元素であるアルミニウムと結合して、容易にアルミニウムプレートに取り込まれる。この機構により電気的接触と機械的接合が良好となると考えられる。又、アルミニウム又はその合金からなるプレート33をアモルファスワイヤから成る感磁素子10の上に設けることで、ボンディングツール90の接触時の衝撃力が感磁素子10に直接伝達することが阻止される。即ち、プレート33は緩衝作用をし、超音波ボンディング時に感磁素子10aに応力歪みを発生させることが防止される。

【0066】次に、図14に示す個片素子100におい

て、感磁素子10の周囲をゲル状物質35で覆う。即ち、感磁素子10と基板30との間、及び、感磁素子10の上部空間をゲル状物質で覆う。このゲル状物質で感磁素子10を覆う理由は、感磁素子10に応力が印加されないようにして、感磁素子10の内部に応力を発生させないようにすることである。感磁素子10はアモルファスワイヤで構成されているので、磁氣的性質が歪みの影響を受け易い。この応力は、後述するようにモールド成形する時に、樹脂が硬化するときの収縮により発生する。この応力がゲル状物質35で吸収されて、感磁素子10には印加されない。このようにすることで、検出精度を向上させることができる。ゲル状物質35にはシリコーンゲルを用いたが、シリカゲル、エラストマ、ゼラチン等の弾性ゲルを用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を示した特性図。

【図2】本発明の原理を説明する説明図。

【図3】本発明の原理を示した特性図。

【図4】本発明の第1、第2実施形態を示した磁場検出装置の回路図。

【図5】本発明の第3、第4実施形態を示した補償型の磁場検出装置の回路図。

【図6】本発明の第3実施形態の他の例を示した補償型の磁場検出装置の回路図。

【図7】同実施形態に係る磁場検出装置の動作特性を示したタイミングチャート。

【図8】本発明の第4実施形態に係る磁場検出装置の動作特性を示したタイミングチャート。

【図9】本発明の第5、第6実施形態を示した負帰還型の磁場検出装置の回路図。

【図10】本発明の第7、第8実施形態を示した負帰還型の磁場検出装置の回路図。

【図11】変形例に係る磁場検出装置の回路図。

【図12】応用例に係る磁場検出装置の回路図。

【図13】変形例に係る磁場検出装置の感磁素子の構成を示した説明図。

【図14】感磁素子を搭載した個片素子の構造を示した構造図。

【図15】感磁素子と電極との接合部分を示した断面図。

【符号の説明】

10…感磁素子

10a、10b…感磁素子

12…帰還励磁コイル

13…矩形波発振器

14…微分回路

15…スイッチ

16…信号処理回路

17…比較回路

30…基板

(12)

特開2002-90432

22

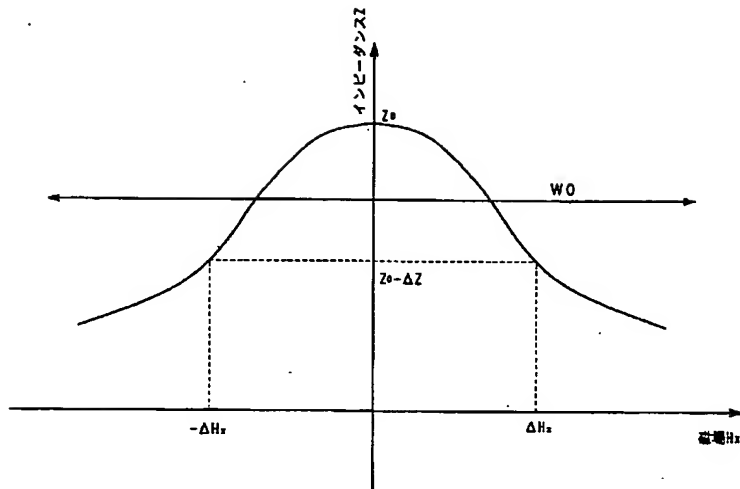
Z1

31, 32...電極  
33, 34...プレート

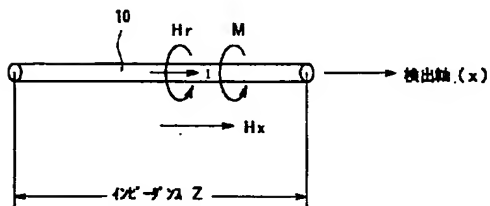
\* 35...ゲル状物質

\*

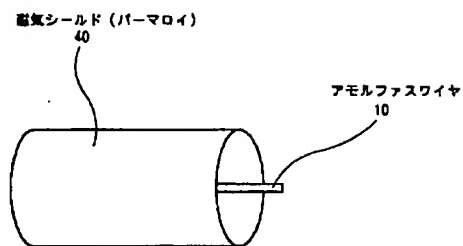
【図1】



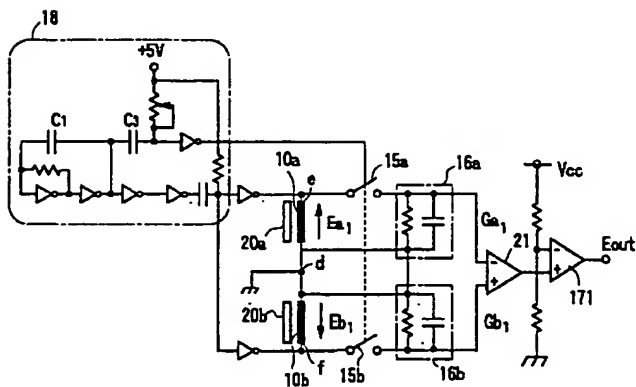
【図2】



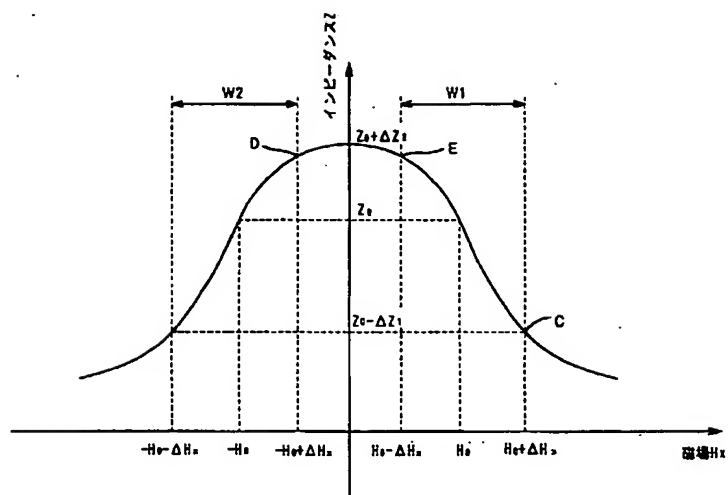
【図13】



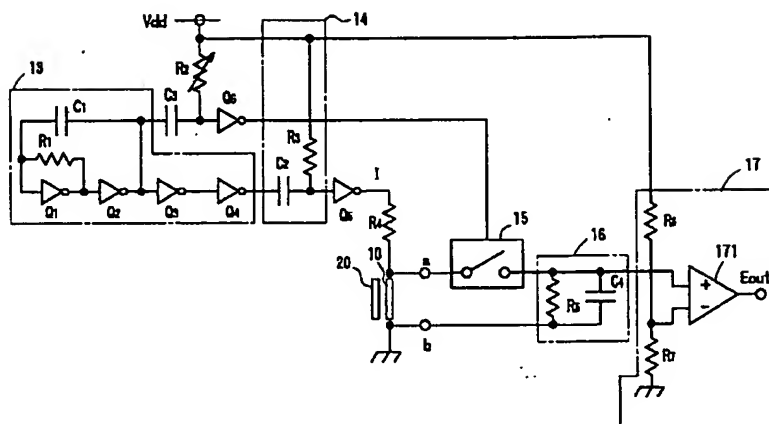
【図5】



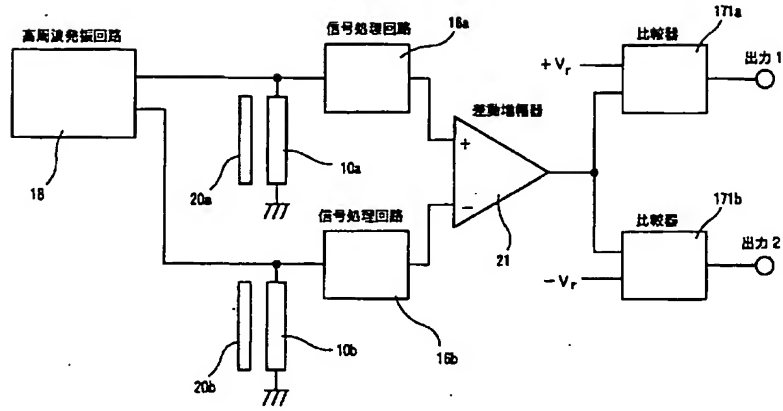
【図3】



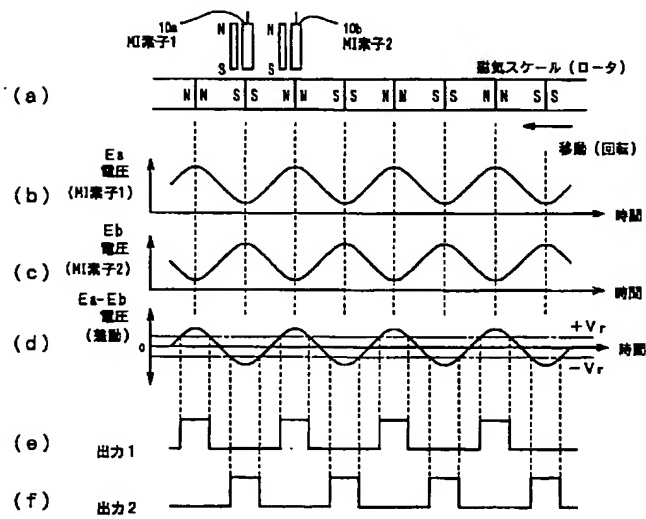
【図4】



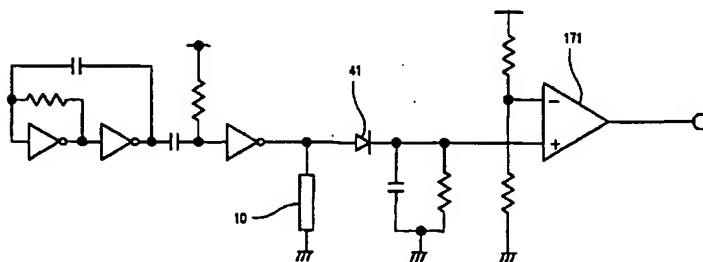
【図6】



【図7】

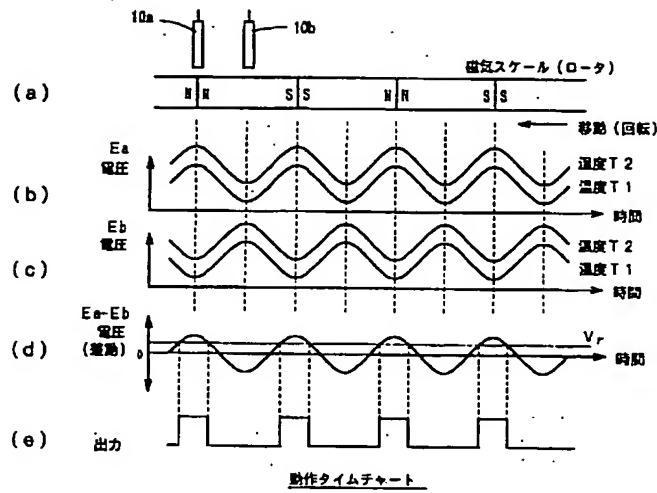


【図11】

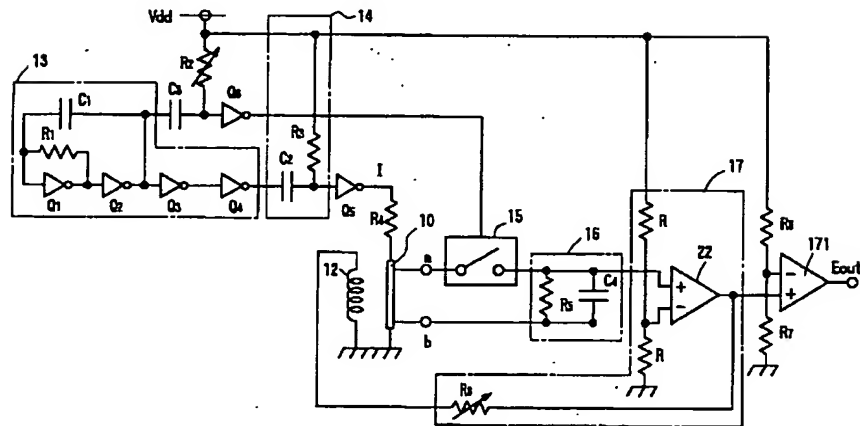




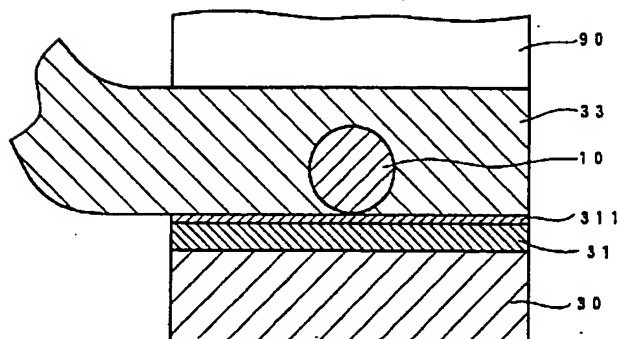
【図8】



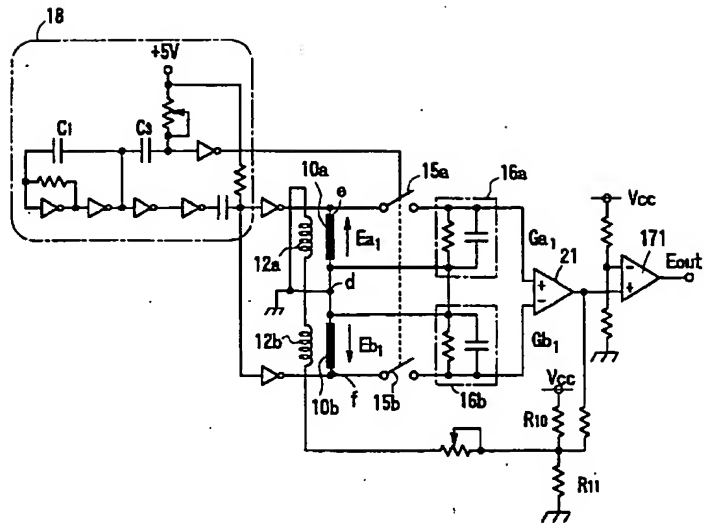
【図9】



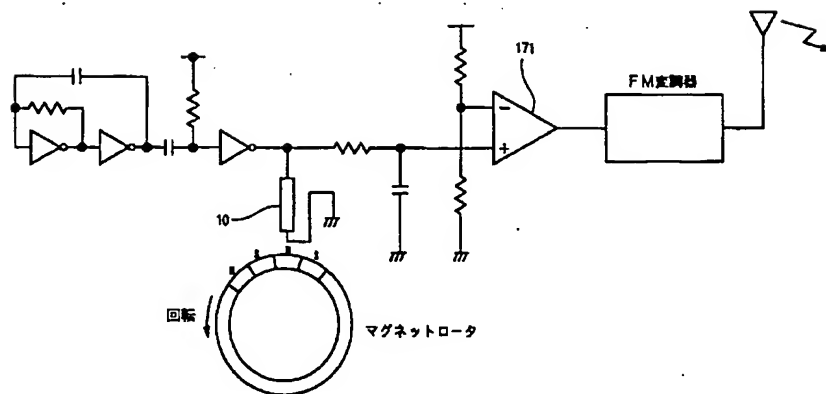
【図15】



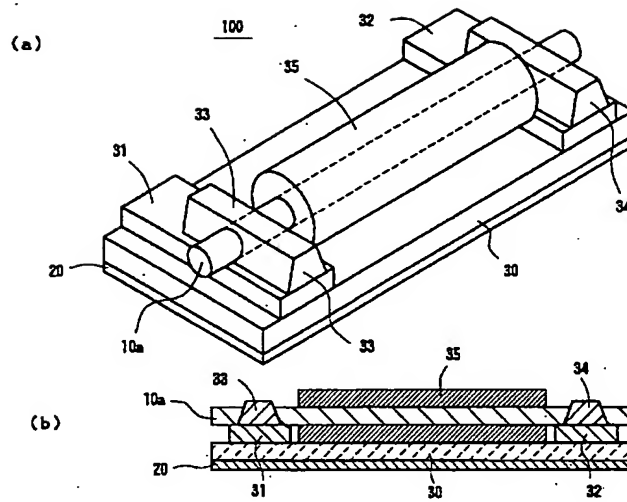
【図10】



【図12】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 本蔵 義信  
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
鋼株式会社内  
(72)発明者 山本 道治  
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
鋼株式会社内

(72)発明者 鷺見 和正  
愛知県東海市荒尾町ワノ割1番地 愛知製  
鋼株式会社内  
Fターム(参考) 2G017 AA02 AA03 AB00 AC00 AC01  
AC09 AD69 BA03 BA05 BA11  
5J050 AA05 AA35 BB22 CC09 DD00  
FF23 FF29

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**